

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-223743

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl. H01L 33/00

H01S 5/22

H01S 5/343

(21)Application number : 11-022181

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 29.01.1999

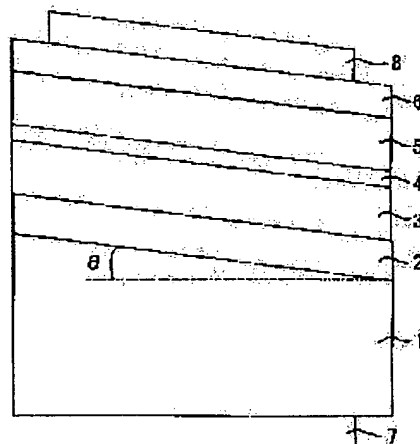
(72)Inventor : DAIHO HIROKI  
HAYASHI NOBUHIKO

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND GROWTH OF NITRIDE SEMICONDUCTOR LAYER

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the crystallinity of a nitride light emitting layer formed on a GaN substrate to prevent the deterioration in a light emission characteristic even if used for a long time by inclining an upper face of the substrate against a C face.

SOLUTION: First, a Si-doped n-GaN buffer layer 2 is formed by a MOCVD method on a face of an n-GaN substrate 1 inclined by a specified angle  $\theta$  from a C face. Thereon, an Si-doped n-AlGaIn n-clad layer 3, an active layer 4 of a multiple quantum well structure, a Mg-doped p-AlGaIn p-clad layer 5, a Mg-doped p-GaN p-contact layer 6 are formed in order by a MOCVD method. Under the GaN substrate 1, an n-electrode 7 is formed and a p-electrode 8 is formed on the p-contact layer 6 to complete a LED. Because of this structure, a lattice defect concentration is reduced in the surface of the p-contact layer 6, and the crystallinity of the nitride semiconductor layer formed on the substrate 1 can be improved.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 18.04.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.09.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3668031

[Date of registration] 15.04.2005

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-21624

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

20.10.2004

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-223743

(P2000-223743A)

(43) 公開日 平成12年8月11日 (2000.8.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>8</sup> (参考)
H 0 1 L 33/00		H 0 1 L 33/00	C 5 F 0 4 1
H 0 1 S 5/22		H 0 1 S 3/18	6 6 2 5 F 0 7 3
5/343			6 7 7

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-22181

(22) 出願日 平成11年1月29日 (1999.1.29)

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 大保 広樹

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(72) 発明者 林 伸彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

(74) 代理人 100111383

弁理士 芝野 正雅

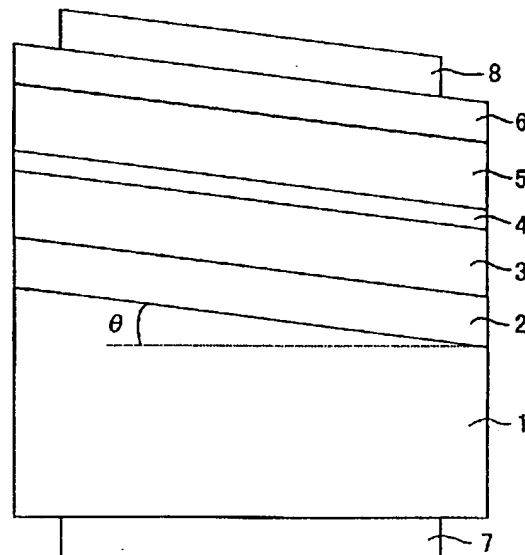
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物系半導体発光素子及び窒化物半導体層の成長方法

(57) 【要約】

【課題】 GaN基板の上に形成される窒化物系半導体層の結晶性が良く、長寿命化に適した窒化物系半導体発光素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 GaNからなる基板1の上面に、窒化物系半導体からなる発光層を形成してなる窒化物系半導体発光素子において、前記基板の上面のC面に対する傾斜角度が、0.03°以上、10°以下である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaNからなる基板の上面に窒化物系半導体からなる発光層を形成してなる窒化物系半導体発光素子において、前記基板の上面がC面に対して傾斜していることを特徴とする窒化物系半導体発光素子。

【請求項2】 前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.03^\circ$ 以上、 $10^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項1記載の半導体発光素子。

【請求項3】 前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.05^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項1又は2記載の半導体発光素子。

【請求項4】 前記基板の上面には窒化物半導体からなるバッファ層が形成され、該バッファ層の上面に前記発光層が形成されていることを特徴とする請求項1、2又は3記載の半導体発光素子。

【請求項5】 前記バッファ層の厚みが、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項4記載の半導体発光素子。

【請求項6】 前記バッファ層の厚みが、 $1\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項5記載の半導体発光素子。

【請求項7】 前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.5^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項6記載の半導体発光素子。

【請求項8】 前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項4、5、6又は7記載の半導体発光素子。

【請求項9】 前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下であることを特徴とする請求項8記載の半導体発光素子。

【請求項10】 前記基板の上面の傾斜角度が、 $1^\circ$ 以下であることを特徴とする請求項9記載の半導体発光素子。

【請求項11】 C面に対して傾斜しているGaN基板の上面に、窒化物半導体からなるバッファ層を成長させ、該バッファ層上に窒化物半導体からなる発光層を成長させることを特徴とする窒化物半導体層の成長方法。

【請求項12】 前記バッファ層の成長温度が $900^\circ\text{C}$ 以上、 $1200^\circ\text{C}$ 以下であることを特徴とする請求項11記載の窒化物半導体層の成長方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はGaN等の窒化物系の半導体材料よりなる半導体レーザ、発光ダイオード等の窒化物系半導体発光素子及び窒化物半導体の成長方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、この種の窒化物系の半導体発光素子では、基板としてサファイア基板が用いられている。しかしながら、サファイア基板は、その形成される窒化物系の半導体層との格子不整合率が大いため、サファ

イア基板上に $500 \sim 600^\circ\text{C}$ の低温で第1のバッファ層を形成した後、 $900 \sim 1200^\circ\text{C}$ の高温で第2のバッファ層を成長させ、その上に発光層等の窒化物系半導体層を形成する必要がある。

【0003】このため、最近、GaN基板上に直接 $900 \sim 1200^\circ\text{C}$ の高温でバッファ層を形成し、その上にクラッド層、活性層等の発光層を形成する方法が、研究され提案されている。

【0004】しかしながら、単にGaN基板上に高温でバッファ層を形成しただけでは、その上の形成される発光層の結晶性は満足できるものではなく、発光素子を長時間使用した場合、発光特性が劣化するという問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は上記従来例の欠点を鑑み為されたものであり、GaN基板上に形成される窒化物系発光層の結晶性が良く、長時間使用した場合においても、発光特性が劣化するのを抑えた窒化物系半導体発光素子を提供することを目的とするものである。

【0006】また、本発明は、GaN基板上に結晶性の良い窒化物系半導体層を成長させることが出来る窒化物系半導体層の成長方法を提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明の窒化物系半導体発光素子は、GaNからなる基板の上面に窒化物系半導体からなる発光層を形成してなる窒化物系半導体発光素子において、前記基板の上面がC面に対して傾斜していることを特徴とする。

【0008】このような構成の半導体発光素子では、基板の上面に形成される半導体発光層の上面に形成される半導体層の格子欠陥が減少し、寿命が長くなる。

【0009】特に、前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.03^\circ$ 以上、 $10^\circ$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少が明らかに現われ、しかも傾斜させたために生じるステップ状の段差による悪影響が抑えられる。

【0010】更に、前記基板の上面の傾斜角度が、 $0.05^\circ$ 以上であれば、上述の格子欠陥の減少が顕著に現れる。

【0011】また、本発明の窒化物系半導体発光素子では、前記基板の上面には窒化物半導体からなるバッファ層が形成され、該バッファ層の上面に前記発光層が形成されていれば良い。

【0012】前記バッファ層の厚みが、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であれば、上述の格子欠陥の減少が一層顕著に現れる。

【0013】特に、前記バッファ層の厚みが、 $1\mu\text{m}$ 以上であれば、上述の格子欠陥の減少がより一層顕著に現れる。

【0014】この場合、前記基板の上面の傾斜角度が、

0.5°以下であれば、上述の格子欠陥の減少は十分に得られる。

【0015】また、前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少が一層顕著に現れる。

【0016】特に、前記バッファ層のキャリア濃度が、 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下であれば、上述の格子欠陥の減少がより一層顕著に現れる。

【0017】この場合、前記基板の上面の傾斜角度が、1°以下であれば、上述の格子欠陥の減少は十分に得られる。

【0018】また、本発明の窒化物半導体層の成長方法は、C面に対して傾斜しているGaN基板の上面に、窒化物半導体からなるバッファ層を成長させ、該バッファ層上に窒化物半導体層を成長させることを特徴とする。

【0019】このような成長方法によれば、GaN基板上に形成される窒化物半導体層の格子欠陥は減少する。

【0020】また、前記バッファ層の成長温度が900℃以上、1200℃以下であればよく、低温で成長させるバッファ層は、無くても良い。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

【0022】まず、図1に示すように、n-GaNからなる基板1のC面から所定角度 $\theta$ 傾斜した面上に、MOCVD法によりSiドープのn-GaNからなるバッファ層2を形成した。尚、この時の成長温度は1050℃である。その上にSiドープのn-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.8μmのn-クラッド層3、多重量子井戸構造の活性層4、Mgドープのp-Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Nからなる厚さ0.8μmのp-クラッド層5、Mgドープのp-GaNからなる厚さ0.1μmのp-コンタクト層6をMOCVD法により順に形成し、更に、GaN基板1の下面にはn-電極7を形成し、p-コンタクト層6上にp-電極8を形成することにより発光ダイオードを作成した。

【0023】バッファ層2は厚さ1μm、Siドープのキャリア濃度が $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。

【0024】また、活性層4は、GaNからなる厚さ0.1μmの一對の光ガイド層の間に、In<sub>0.02</sub>Ga<sub>0.98</sub>Nからなる厚さ60Åの障壁層と、In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>Nからなる厚さ30Åの井戸層とが交互に形成された多重量子井戸構造である。尚、障壁層の層数は4層、井戸層の層数は3層であり、両側の層は障壁層である。

【0025】尚、基板1の上面を所定角度だけ傾斜させる方法としては、例えば、予め基板上面をC面に形成した後、ラッピング装置等を用いてC面に対して斜め方向に研磨を施す方法が採用可能である。また、基板ウエハを切断形成する際に、基板上面をC面に対して傾斜させることも考えられる。

【0026】図2は、図1に示した構成の発光ダイオードにおいて、傾斜角度 $\theta$ を変化させた場合におけるp-コンタクト層6表面の格子欠陥密度と、寿命との関係を示す図である。

【0027】尚、バッファ層6表面の格子欠陥密度は、発光ダイオードをNaOHまたはKOHの溶液中に入れて400℃で煮沸した後、電子走査顕微鏡で1cm<sup>2</sup>当たりの欠陥の個数を数えることにより求めた。また、寿命は、その各試料を70℃の環境下で30mAの電流を流して連続動作させた場合において、発光強度が初期値より10%低下した時間である。

【0028】この図2より判るように、GaNからなる基板の上面をC面から傾斜させ、その傾斜した上面上に形成された発光素子は、C面上に形成した発光素子（傾斜角度 $\theta = 0^\circ$ ）に比べ、p-コンタクト層6表面における格子欠陥密度は低下し、寿命が長くなる。尚、p-コンタクト層6表面における格子欠陥密度の低下は、基板1上に形成されるバッファ層2、n-クラッド層3、活性層4、p-クラッド層5の結晶性が良化したためであることは明らかである。

【0029】特に、傾斜角度が0.03°以上になると、p-コンタクト層6表面の格子欠陥密度は急激に低下し、 $1.0 \times 10^6 / \text{cm}^2$ 以下となり、これに伴い寿命も大幅に長くなることが判る。

【0030】尚、基板1のC面から傾斜した面上に窒化物層を成長させる場合、成長層の表面にステップ状の段差が生じ、このステップ状の段差は傾斜角度 $\theta$ が大きくなる程、顕著に現れる。そして、例えば、半導体レーザを製造する場合、活性層に段差が生じ、共振器内の損失が大きくなる等の問題が生じる。このため、傾斜角度 $\theta$ は10°以下にしておくことが好ましい。

【0031】図3は、バッファ層2の厚みを0.1μm、0.5μm、1μm、5μm、10μmと変えた場合における、傾斜角度 $\theta$ とp-コンタクト層6表面の格子欠陥密度を前述と同様に測定して、その結果を示した図である。

【0032】この図3から判るように、バッファ層2は、0.1μm～10μmの何れの厚みにおいても、基板上面がC面から傾斜すると、表面の格子欠陥密度は低下する。特に、バッファ層2の厚みが0.5μm以上になると、格子欠陥密度の低下は大きく、その効果は傾斜角度 $\theta$ が0.03°以上で急激に現れる。更に、傾斜角度 $\theta$ が0.05°以上になると、バッファ層2の厚みに応じて格子欠陥密度が十分に低い値となる。

【0033】また、バッファ層2の厚みが1μm以上になると、上述した効果は一層顕著に現れる。また、バッファ層2の厚みが1μm以上の場合、特に、傾斜角度 $\theta$ が0.5°まで大きくなると、格子欠陥密度が $1 \times 10^4 / \text{cm}^2$ 程度に十分に小さくなり、傾斜角度 $\theta$ がそれ以上に大きくなっても、格子欠陥密度の更なる低下は表わ

れなかった。

【0034】図4は、バッファ層2のSiドープのキャリア濃度を $1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{13}/\text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 、 $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ と変えた場合における、傾斜角度 $\theta$ とp-コンタクト層6表面の格子欠陥密度を前述と同様に測定して、その結果を示した図である。

【0035】この図4から判るように、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{17}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{11}/\text{cm}^3$ の何れの場合においても、基板上面がC面から傾斜すると、p-コンタクト層6表面の格子欠陥密度は低下する。特に、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{10}/\text{cm}^3$ 以下になると、格子欠陥密度の低下は大きく、その効果は傾斜角度 $\theta$ が $0.03^\circ$ 以上で急激に現れる。更に、傾斜角度 $\theta$ が $0.05^\circ$ 以上になると、バッファ層2のキャリア濃度に応じて格子欠陥密度が十分に低い値となる。

【0036】また、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下になると、上述した効果は一層顕著に現れる。特に、バッファ層2のキャリア濃度が $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 以下の場合、傾斜角度 $\theta$ が $1^\circ$ まで大きくなると、格子欠陥密度が $1 \times 10^5/\text{cm}^2$ 程度に十分に小さくなり、傾斜角度 $\theta$ がそれ以上に大きくなっても、格子欠陥密度の更なる低下は表われなかった。

【0037】本発明は、例えば、図5に示すようなリッジ導波型の半導体レーザ素子に用いることが可能である。

【0038】図5において、11はGa<sub>0.9</sub>Nよりなる基板であり、基板11上にn-GaNからなるバッファ層12が形成され、その上にはn-InGa<sub>0.5</sub>Nからなるクラッド防止層13、n-AlGa<sub>0.3</sub>Nからなる厚さ第1クラッド層14、アンドープのi-InGa<sub>0.5</sub>Nからなる多重量子井戸構造の活性層15、p-AlGa<sub>0.3</sub>Nからなる第2クラッド層16、p-GaNからなるp-コンタクト層17をMOCVD法により順に形成されている。第2クラッド層16の所定の深さまで除去されてストライプ状のリッジ部18が形成されている。基板11の下面にはn-電極19が、p-コンタクト層17の上面にはp-電極20が形成されている。また、リッジ部18の側面から第2クラッド層16のエッチング除去された上面に亘って保護膜21が形成されている。

【0039】この構成の半導体レーザにおいて、上述の図2～図4の結果に基づいて、基板1の上面をC面から

所定角度 $\theta$ 傾斜させ、バッファ層12の厚み及びキャリア濃度を設定することにより、格子欠陥を減少させ、寿命を長くすることが出来る。

【0040】尚、上述の図2～図4は、基板1の上面の傾斜方向を<11-20>方向とした場合であるが、例えば<10-10>方向、<10-10>方向と<11-20>方向との間の方向等、他の方向に傾斜させた場合においても、略同様の結果が得られた。

【0041】また、本発明は、セルフアライン構造等の他の半導体レーザは勿論のこと、半導体レーザ以外の他の半導体発光素子にも適用可能である。

【0042】また、基板上に形成される窒化物系半導体層としても、上述した以外のものでも良く、III族元素として、Ga、或いはGaにAl、In、Bの少なくとも1つを含んでいれば良い。またV族元素としてN以外にPやAs等を少量含んでいても良い。

【0043】

【発明の効果】本発明に依れば、Ga<sub>0.9</sub>N基板の上に形成される窒化物系半導体層の結晶性が良く、長寿命化に適した窒化物系半導体発光素子を提供し得る。

【0044】また、本発明によれば、Ga<sub>0.9</sub>N基板上に結晶性の良い窒化物系半導体層を成長させることが出来る窒化物系半導体層の成長方法を提供し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を用いた発光ダイオードの構成を示す断面図である。

【図2】発光ダイオードのコンタクト層表面の格子欠陥密度及び寿命と基板上面の傾斜角度との関係を示す図である。

【図3】発光ダイオードのバッファ層の厚みによるコンタクト層表面の格子欠陥密度及と、基板上面の傾斜角度との関係を示す図である。

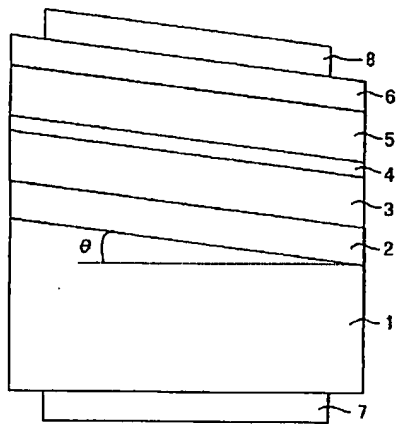
【図4】発光ダイオードのバッファ層のキャリア濃度によるコンタクト層表面の格子欠陥密度及と、基板上面の傾斜角度との関係を示す図である。

【図5】本発明を用いたリッジ導波型半導体レーザ素子の構成を示す断面図である。

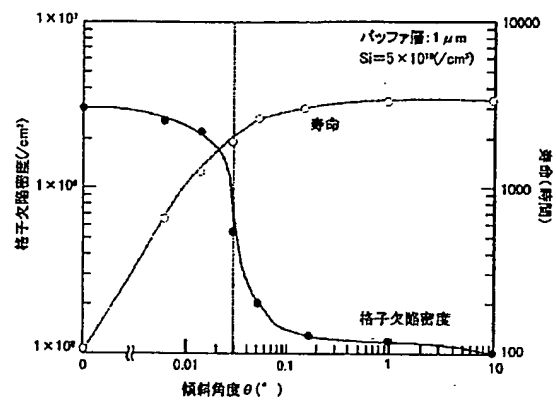
【符号の説明】

- 1、11 基板
- 2、12 バッファ層
- 3、14 n-クラッド層
- 4、15 活性層
- 5、16 p-クラッド層

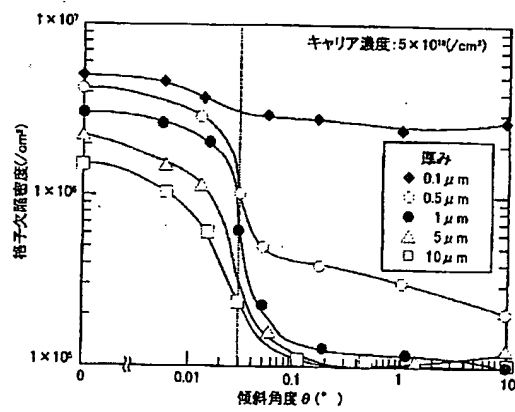
【図1】



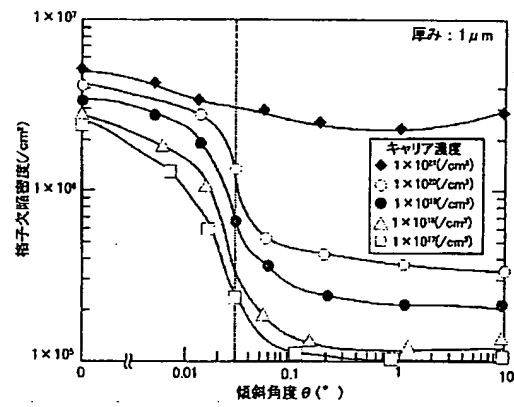
【図2】



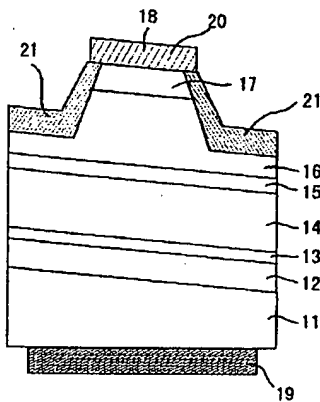
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F041 AA43 CA05 CA23 CA34 CA40  
CA49 CA57 CA65  
5F073 AA74 CA07 CB02 CB07 CB14  
DA05 DA21 DA35 EA28